

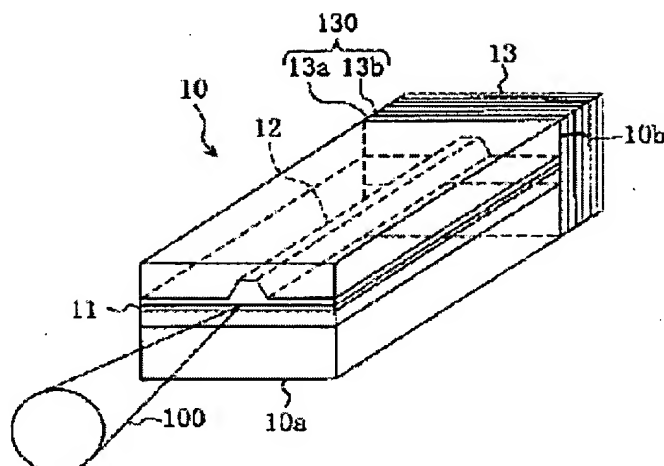
SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT

Patent number: JP2002305348
Publication date: 2002-10-18
Inventor: SUGAWARA TAKESHI; KIDOGUCHI ISAO; MIYANAGA RYOKO; SUZUKI MASAKATSU; KUME MASAHIRO; BAN YUZABURO; HIRAYAMA FUKUICHI
Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Classification:
- international: H01S5/028; G11B7/125
- european:
Application number: JP20020031984 20001128
Priority number(s):

Abstract of JP2002305348

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an end face reflection film which can correspond to the high output or the shot wavelength of a semiconductor laser element.

SOLUTION: In the semiconductor layer element 10, a resonator 12 where a quantum well active layer 11 constituted of a barrier layer formed of gallium nitride and a well layer formed of indium gallium nitride is sandwiched by optical guide layers constituted of n-type and p-type aluminium gallium nitride from upper/lower directions is formed. The end face reflection film 13 is disposed in a reflection end face 10b on the opposite side of the emission end face 10a of a laser beam 100 in the resonator 12. The end face reflection film 13 includes a plurality of unit reflection films 130 constituted of low refractive index films 13a formed of silicon oxide and high refractive index films 13b formed of niobium oxide, both of which are sequentially formed from the end face side of the resonator 12.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-305348
(P2002-305348A)

(43) 公開日 平成14年10月18日 (2002.10.18)

| (51) Int.Cl. | 識別記号 | F I | 7-マ3-1 (参考) |
|---------------|------|---------------|-------------|
| H 0 1 S 5/028 | | H 0 1 S 5/028 | 5 D 1 1 9 |
| G 1 1 B 7/125 | | G 1 1 B 7/125 | A 5 F 0 7 S |

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-31984(P2002-31984)
(62) 分割の表示 特願2000-361161(P2000-361161)の
分割
(22) 出願日 平成12年11月28日 (2000.11.28)
(31) 優先権主張番号 特願平11-339195
(32) 優先日 平成11年11月30日 (1999.11.30)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地
(72) 発明者 菅原 岳
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72) 発明者 木戸口 勲
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(74) 代理人 100077931
弁理士 前田 弘 (外7名)

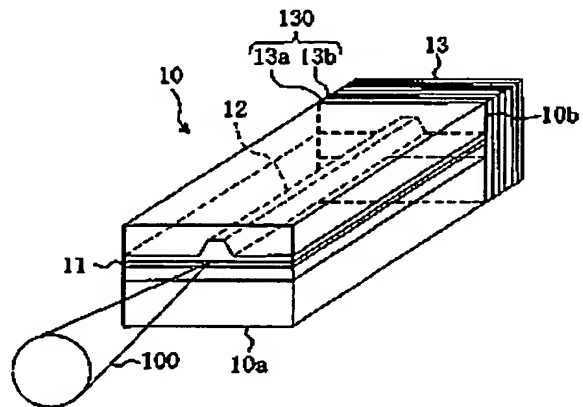
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザ素子の高出力化又は短波長化に対応できる端面反射膜を得られるようにする。

【解決手段】 半導体レーザ素子10には、窒化ガリウムからなる障壁層と窒化インジウムガリウムからなる井戸層とにより構成される量子井戸活性層11が少なくともn型とp型の各窒化アルミニウムガリウムからなる光ガイド層に上下方向から挟まれてなる共振器12が形成されている。共振器12におけるレーザ光100の出射端面10aと反対側の反射端面10bには端面反射膜13が設けられている。端面反射膜13は、共振器12の端面側から順次成膜された酸化シリコンからなる低屈折率膜13aと酸化ニオブからなる高屈折率膜13bとにより構成される単位反射膜130を複数含むように構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発振波長が赤外又は赤色領域の半導体レーザー素子であって、

複数の半導体層により形成された共振器と、

前記共振器の端面に第1の誘電体層を介在させて形成され、酸化ニオブからなる第2の誘電体層を含む反射膜とを備え、

酸化ニオブの前記発振波長に対する吸収係数は酸化チタンの前記発振波長に対する吸収係数よりも小さいことを特徴とする半導体レーザー素子。

【請求項2】 発振波長が赤外又は赤色領域の半導体レーザー素子であって、

複数の半導体層により形成された共振器と、

前記共振器の端面に該端面側から順次形成され、第1の誘電体層及び屈折率が前記第1の誘電体層よりも大きい第2の誘電体層を含む反射膜とを備え、

前記第2の誘電体層は酸化ニオブからなり、酸化ニオブの前記発振波長に対する吸収係数は酸化チタンの前記発振波長に対する吸収係数よりも小さいことを特徴とする半導体レーザー素子。

【請求項3】 発振波長が赤外又は赤色領域の半導体レーザー素子であって、

複数の半導体層により形成された共振器と、

前記共振器の端面に該端面側から順次形成され、第1の誘電体層及び屈折率が前記第1の誘電体層よりも大きい第2の誘電体層を交互に積層してなる反射膜とを備え、前記第2の誘電体層は酸化ニオブからなり、酸化ニオブの前記発振波長に対する吸収係数は酸化チタンの前記発振波長に対する吸収係数よりも小さいことを特徴とする半導体レーザー素子。

【請求項4】 発振波長が赤外又は赤色領域のCD-R用半導体レーザー素子であって、

複数の半導体層により形成された共振器と、

前記共振器の端面に第1の誘電体層を介在させて形成され、酸化ニオブからなる第2の誘電体層を含む反射膜とを備え、

酸化ニオブの前記発振波長に対する吸収係数は酸化チタンの前記発振波長に対する吸収係数よりも小さいことを特徴とする半導体レーザー素子。

【請求項5】 発振波長が赤外又は赤色領域のCD-R用半導体レーザー素子であって、

複数の半導体層により形成された共振器と、

前記共振器の端面に該端面側から順次形成され、第1の誘電体層及び屈折率が前記第1の誘電体層よりも大きい第2の誘電体層を含む反射膜とを備え、

前記第2の誘電体層は酸化ニオブからなり、酸化ニオブの前記発振波長に対する吸収係数は酸化チタンの前記発振波長に対する吸収係数よりも小さいことを特徴とする半導体レーザー素子。

【請求項6】 発振波長が赤外又は赤色領域のCD-R

用半導体レーザー素子であって、

複数の半導体層により形成された共振器と、

前記共振器の端面に該端面側から順次形成され、第1の誘電体層及び屈折率が前記第1の誘電体層よりも大きい第2の誘電体層を交互に積層してなる反射膜とを備え、前記第2の誘電体層は酸化ニオブからなり、酸化ニオブの前記発振波長に対する吸収係数は酸化チタンの前記発振波長に対する吸収係数よりも小さいことを特徴とする半導体レーザー素子。

10 【請求項7】 前記第1の誘電体層は酸化シリコン又は酸化アルミニウムからなることを特徴とする請求項1～6のうちのいずれか1項に記載の半導体レーザー素子。

【請求項8】 前記反射膜を構成する酸化ニオブにおける波長が780nmの光に対する吸収係数は0.3cm⁻¹未満であることを特徴とする請求項1～7のうちのいずれか1項に記載の半導体レーザー素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光情報処理分野への応用が期待される半導体レーザー素子に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、半導体レーザー素子におけるレーザー光の共振器端面には、端面反射膜が設けられている。なかでも、レーザー光の出射面と対向する後方端面である反射端面は、高い反射率が要求されるため、膜厚が $\lambda/4n_1$ の低屈折率膜と膜厚が $\lambda/4n_2$ の高屈折率膜とを交互に積層してなる高反射率の端面反射膜が形成される。ここで、 λ はレーザー光の発振波長を表わし、 n_1 は低屈折率膜の波長 λ における屈折率を表わし、 n_2 は高屈折率膜の波長 λ における屈折率を表わしている。

30 【0003】端面反射膜を構成する低屈折率膜と高屈折率膜とは、レーザー光の波長におけるそれぞれの吸収係数が十分に小さいことが要求される。そのため、端面反射膜を構成する低屈折率膜には、可視光領域及び紫外線領域を含む広い帯域で吸収係数が小さい酸化シリコン(SiO_2)又は酸化アルミニウム(Al_2O_3)が用いられている。一方、端面反射膜を構成する高屈折率膜には、レーザー光の波長により種々の誘電体材料が用いられている。

【0004】例えば、波長が約780nmのレーザー光を出力するヒ化アルミニウムガリウム(AlGaAs)からなる赤外又は赤色半導体レーザー素子には、その高屈折率膜としてアモルファスシリコン($\alpha\text{-Si}$)が用いられている。ここで、アモルファスシリコンの波長780nmの光に対する吸収係数の値は $4 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ である。

【0005】また、この赤外又は赤色半導体レーザー素子の光ディスク装置分野への応用例として、規格の4倍の速度で且つ1回のみの書き込みが可能な4倍速CD-R (CD-recordable)用レーザー素子が挙げら

れる。4倍速CD-R用レーザ素子には、後方端面の端面反射膜として酸化シリコンとアモルファスシリコンとが組をなす積層膜が用いられている。例えば、2組（周期）分の酸化シリコンとアモルファスシリコンとから端面反射膜を構成することにより、反射率を95%とすることができる。

【0006】この端面反射膜を用いて、デューティ比が50%のパルス駆動時で100mW、また、連続（Continuous-Wave: CW）駆動時で80mWの光出力を持つ4倍速CD-R用レーザ素子が実現されている。

【0007】一方、波長が約650nmのレーザ光を出力する焼化アルミニウムガリウムインジウム（AlGaInP）からなる赤色半導体レーザ素子の高屈折率膜には、アモルファスシリコンの代わりに、酸化チタン（ TiO_2 ）が用いられている。アモルファスシリコンを用いない理由は、波長が650nm付近の光に対するアモルファスシリコンの吸収係数が大きいため、これを端面反射膜に用いた場合には、アモルファスシリコン層における光吸収が大きくなる。この光吸収に伴う温度上昇により、レーザ素子における共振器端面近傍の結晶性が劣化して、素子の信頼性が低下するからである。

【0008】そこで、波長が約650nmの赤色半導体レーザ素子には、端面反射膜として、酸化シリコンと比べて屈折率が十分に大きく且つ吸収係数もアモルファスシリコンよりも小さい酸化チタンを用いている。アモルファスシリコンの波長650nmの光に対する吸収係数の値が $1 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}$ であるのに対し、酸化チタンの波長650nmの光に対する吸収係数の値は 2 cm^{-1} である。

【0009】また、現在開発が進められている発振波長が約400nmの青紫色半導体レーザ素子においても、端面反射膜として酸化シリコンと酸化チタンとからなる積層膜が用いられている。例えば、窒化アルミニウムインジウムガリウム（AlInGaInN）からなる半導体レーザ素子の端面反射膜として、酸化シリコンと酸化チタンとからなる積層膜を用いた半導体レーザ素子が、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 38 (1999) pp. L184-L186に報告されている。なお、酸化チタンの波長400nmの光に対する吸収係数の値は 2400 cm^{-1} である。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】近年、光ディスク装置用の半導体レーザ素子には、光ディスクへの記録速度の向上を図るための高出力化と、記録密度の向上を図るための短波長化とが要求されている。

【0011】しかしながら、従来の発振波長が約780nmの赤外又は赤色半導体レーザ素子に用いられている酸化シリコンとアモルファスシリコンとの積層体からなる端面反射膜や、発振波長が約650nmの赤色半導体レーザ素子に用いられている酸化シリコンと酸化チタン

との積層体からなる端面反射膜は、レーザ素子の高出力化に対応することができないという問題がある。

【0012】また、発振波長が約400nmの青紫色半導体レーザ素子にも用いられている酸化シリコンと酸化チタンとの積層体からなる端面反射膜は、レーザ素子の短波長化に対応することができないという問題もある。

【0013】これは、各半導体レーザ素子の出射光における高屈折率膜における光の吸収係数が十分に小さいとはいえないため、レーザ素子の高出力化を図ると、高屈折率膜の光吸収による温度上昇が顕著となって、半導体レーザ素子、特に活性領域における共振器端面の近傍部分の結晶構造が劣化するからである。

【0014】同様に、発振波長を400nm以下とするような短波長化を図る場合に、従来の酸化シリコンとの積層膜からなる端面反射膜では対応が困難となる。これは、酸化チタンの吸収係数が短波長の領域では大きく増大するためである。

【0015】本発明は、前記従来の問題を解決し、半導体レーザ素子の高出力化又は短波長化に対応できる端面反射膜を得られるようにすることを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するため、本発明は、半導体レーザ素子の端面反射膜を構成する高屈折率膜に酸化ニオブ（ Nb_2O_5 ）を用いる構成とする。

【0017】具体的に、本発明に係る第1の半導体レーザ素子は、複数の半導体層により形成された共振器と、共振器の端面に形成された酸化ニオブを含む反射膜とを備えている。

【0018】第1の半導体レーザ素子によると、共振器の端面に形成された反射膜に例えば酸化チタンよりも光の吸収係数が小さい酸化ニオブを含むため、レーザ光の吸収が酸化チタンの場合よりも少なくなるので、該反射膜の温度上昇が抑制される。このため、半導体層における共振器の端面近傍部分の結晶構造の劣化を防止できるので、レーザ素子の高出力化又は短波長化が可能となる。

【0019】本発明に係る第2の半導体レーザ素子は、複数の半導体層により形成された共振器と、共振器の端面に形成され、第1の誘電体層及び屈折率が第1の誘電体層よりも大きい第2の誘電体層を含む反射膜とを備え、第2の誘電体層は酸化ニオブからなる。

【0020】第2の半導体レーザ素子によると、第1の半導体レーザ素子と同様の効果を得られる上に、反射膜が酸化ニオブからなる高屈折率膜と酸化ニオブよりも屈折率が小さい第1の誘電体層とから構成されているため、反射率を確実に高めることができる。

【0021】本発明に係る第3の半導体レーザ素子は、複数の半導体層により形成された共振器と、共振器の端面に形成され、第1の誘電体層及び屈折率が第1の誘電

5 体層よりも大きい第2の誘電体層を交互に積層してなる反射膜とを備え、少なくとも共振器の端面側に位置する第2の誘電体層は酸化ニオブからなる。

【0022】第3の半導体レーザ素子によると、第2の半導体レーザ素子における反射膜が積層されているため、反射率がより一層向上する。さらに、発振波長が赤色領域のレーザ素子の場合には、反射膜における共振器の端面と反対側、すなわち外側に位置する第2の誘電体層に酸化ニオブよりも高屈折率の誘電体、例えば酸化チタン等を用いると、酸化チタンの吸収係数も赤色領域においてはその程度大きくないため、反射膜の反射率を大きくできる。

【0023】第2又は第3の半導体レーザ素子において、第1の誘電体層が酸化シリコン又は酸化アルミニウムからなることが好ましい。

【0024】第1～第3の半導体レーザ素子において、共振器の発振波長が約400nmか又は400nmよりも短いことが好ましい。

【0025】第1～第3の半導体レーザ素子において、複数の半導体層がIII-V族窒化物半導体からなることが好ましい。

【0026】本発明に係る第1の半導体レーザ素子の製造方法は、基板の上に複数の半導体層を順次成長させることにより、共振器構造を形成する工程と、複数の半導体層が成長した基板を劈開又はエッチングすることにより複数の半導体層から共振器端面を露出する工程と、露出した共振器端面の上に、酸化ニオブを含む反射膜を形成する工程とを備えている。

【0027】第1の半導体レーザ素子の製造方法によると、複数の半導体層が成長した基板を劈開又はエッチングすることにより、該複数の半導体層から共振器端面を露出し、露出した共振器端面の上に酸化ニオブを含む反射膜を形成するため、本発明の第1の半導体レーザ素子を実現できる。

【0028】第1の半導体レーザ素子の製造方法において、反射膜を形成する工程が、反射膜を、屈折率が酸化ニオブよりも小さい第1の誘電体層と、酸化ニオブからなる第2の誘電体層とを含む積層構造とする工程を含むことが好ましい。このようにすると、本発明の第2又は第3の半導体レーザ素子を実現できる。

【0029】第1の半導体レーザ素子の製造方法において、反射膜をスパッタ法又は反応性スパッタ法により形成することが好ましい。

【0030】第1の半導体レーザ素子の製造方法において、複数の半導体層がIII-V族窒化物半導体からなることが好ましい。

【0031】本発明に係る光ディスク装置は、半導体レーザ素子を含む発光部と、発光部から出射されたレーザ光をデータが記録された記録媒体上に集光する集光光学部と、記録媒体によって反射されたレーザ光を検出する

光検出部とを備え、半導体レーザ素子は、複数の半導体層により形成された共振器と、共振器の端面に形成された酸化ニオブを含む反射膜とを有している。

【0032】本発明の光ディスク装置によると、発光部を構成する半導体レーザ素子が、共振器の端面に形成された酸化ニオブを含む反射膜を有しているため、発光部が半導体レーザ素子の高出力化又は短波長化に対応することができるようになる。

【0033】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）本発明の第1の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0034】図1は本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ素子であって、発振波長が約400nmの青色半導体レーザ素子を示している。

【0035】図1に示すように、半導体レーザ素子10には、例えば、窒化ガリウム（GaN）からなる障壁層と窒化インジウムガリウム（InGaN）からなる井戸層とにより構成される量子井戸活性層11が少なくともn型とp型の各窒化アルミニウムガリウム（AlGaN）からなる光ガイド層に上下方向から挟まれてなる共振器12が形成されている。

【0036】共振器12におけるレーザ光100の出射端面10aと反対側の反射端面10bには、端面反射膜13が設けられている。

【0037】端面反射膜13は、共振器12の端面側から順次形成された、第1の誘電体層としての酸化シリコン（SiO₂）からなる低屈折率膜13aと、第2の誘電体層としての酸化ニオブ（Nb₂O₅）からなる高屈折率膜13bとにより構成される単位反射膜130を複数含むように構成されている。

【0038】低屈折率膜13a及び高屈折率膜13bの膜厚、並びに単位反射膜130の数は、半導体レーザ素子の仕様によってそれぞれ適当な値を設定することができる。例えば、膜厚が約68nmの酸化シリコンと膜厚が約40nmの酸化ニオブとからなる単位反射膜130を3組分形成することにより、端面反射膜13に約93.9%の反射率を得ることができる。

【0039】ここで、発振波長が約400nmのレーザ光に対する反射膜の高屈折率膜13bに、従来のように酸化チタン（TiO₂）を用いても、酸化ニオブの場合と同程度の反射率を得ることは可能である。

【0040】しかしながら、第1の実施形態は、端面反射膜13の高屈折率膜13bに酸化ニオブを用いているため、酸化ニオブの光の吸収係数が酸化チタンよりも小さいので、共振器13の端面近傍の温度上昇を抑制できる。その結果、量子井戸活性層11及びその周辺部の結晶性が劣化しにくくなり、半導体レーザ素子の高出力化が可能となる。なお、活性層を量子井戸構造としたが、必ずしも量子井戸構造を採る必要はない。

【0041】さらに、高出力化とは別に、発振波長が4

00 nm以下の紫外領域にまで短波長化を進める場合であっても、紫外半導体レーザ素子用の端面反射膜13に酸化シリコンと酸化チタンとからなる単位反射膜130を用いると、酸化チタンの光吸収によって半導体レーザ素子に劣化が生じる。一方、第1の実施形態においては、紫外領域であっても、光の吸収係数が酸化チタンよりも酸化ニオブの方が小さいため、短波長化による素子の劣化をも低減できる。

【0042】また、酸化ニオブは、外部から侵入する水又は酸素等が、レーザ素子の内部に拡散するのを防止する保護膜としても機能する。発振波長に約400 nmの青紫色光を得られる半導体材料として有望視されているIII-V族窒化物半導体は、特に水素によって電気的特性が劣化しやすいという性質を有しているが、本実施形態に係る半導体レーザ素子は、共振器端面の一方が水素の侵入を防ぐ酸化ニオブにより覆われているため、外部からの水素等の不純物拡散による半導体レーザ素子の劣化を防止できる。

【0043】以下、前記のように構成された半導体レーザ素子の製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0044】図2は本発明の第1の実施形態に係る半導体レーザ素子の製造方法であって、スパッタ法による端面反射膜の製造方法を模式的に示している。ここでは、スパッタ成膜装置として、例えばマグネトロンスパッタリング装置を用いる。

【0045】まず、成膜装置の概略構成を説明する。

【0046】図2に示すように、マグネトロンスパッタリング装置20は、壁面の上部に設けられたガス導入口21と該ガス導入口21と対向する壁面の下部に設けられた排気口22とを持つ成膜室23を有している。

【0047】成膜室23の底部には陽極24が設置されており、陽極24上には、成膜対象であるレーザ素子形成体10Aが各共振器12の反射端面10bを上方向に向けて保持されている。ここで、レーザ素子形成体10Aは、あらかじめ複数の共振器12が形成された短冊状の半導体ウエハであって、共振器長方向とほぼ垂直な方向で劈開されて、反射端面10bを露出している。

【0048】成膜室23の上部には、酸化ニオブ(Nb_2O_5)からなる板状のターゲット材25が陽極24と対向するように保持された平板型マグネロン電極26が設けられている。これにより、レーザ素子形成体10Aの露出した反射端面10bはターゲット材25と対向する。

【0049】次に、成膜方法を説明する。

【0050】まず、減圧された成膜室23に、ガス導入口21からアルゴン(Ar)を主成分とするプラズマ生成用ガスを導入する。続いて、ターゲット材25に高周波電力を印加して、ターゲット材25の表面近傍にプラズマを発生させる。このとき、ターゲット材25に衝突

するアルゴンイオンによって、ターゲット材25の表面がスパッタリングされることにより、陽極24上に保持されたレーザ素子形成体10Aの反射端面10b上に誘電体膜が成膜される。第1の実施形態においては、一例として、酸化シリコンからなる低屈折率膜13aと酸化ニオブからなる高屈折率膜13bとにより構成される単位反射膜130を3組分形成する。

【0051】なお、低屈折率膜13aは、ターゲット材25をシリコン(Si)とし、プラズマ生成用ガスをアルゴン(Ar)とし且つ反応性ガスを酸素(O_2)とする反応性スパッタ法を用いる。

【0052】一方、高屈折率膜13bは、酸化ニオブからなるターゲット材25をアルゴンイオンによってスパッタリングする場合には、成膜される酸化ニオブの酸素の組成が化学量論比よりも小さくなりやすい。従って、酸化ニオブの酸素の欠損を防止するために、成膜時の導入ガスとしてアルゴンガスと共に酸素ガスを供給することが望ましい。

【0053】本実施形態においては、アルゴンの供給量を約10 sccm (standard cubic centimeter per minute)とし、酸素の供給量を約40 sccmとしている。また、成膜中の成膜室23の圧力を約0.1 Paとし、高周波電力を1 kW程度に設定している。これらの条件により、約8 nm/minの堆積速度で且つほとんど酸素の欠損がない酸化ニオブからなる高屈折率膜13bを形成することができ。

【0054】なお、高屈折率膜13bの生成用のターゲット材25に酸化ニオブを用いたが、これに代えて、金屈ニオブ(Nb)をターゲット材25とし、酸素ガスを反応性ガスとする反応性スパッタ法により成膜してもよい。

【0055】また、端面反射膜13の成膜は、酸化シリコンからなる低屈折率膜13aと酸化ニオブからなる高屈折率膜13bとの界面汚染を防止するため、真空一環プロセスにより形成することが望ましい。このためには、酸化シリコン用の成膜室と酸化ニオブ用の成膜室とを備えたマルチチャンバ構成のスパッタ装置、又は1つの成膜室に酸化シリコンの原料と酸化ニオブの原料とを有するマルチソース構成のスパッタ装置を用いることが望ましい。

【0056】このように、酸化ニオブ(Nb_2O_5)は、比較的簡単に低光吸収で且つ高屈折率の誘電体膜を形成できるため、青紫色半導体レーザ素子に限らず、赤色半導体レーザ素子等の他の波長領域のレーザ光を出力するレーザ素子にも容易に適用できる。

【0057】図3(a)及び図3(b)は分光エリブノメータによる評価結果であって、第1の実施形態に係る酸化ニオブからなる高屈折率膜の光の吸収係数及び屈折率の波長分散を、比較用であって反応性スパッタ法によ

る酸化チタンからなる高屈折率膜とそれぞれ対比させて示している。

【0058】図3(a)に示すように、実線で示す酸化ニオブの吸収係数は、波長が短くなるにつれて単調に増加するものの、破線で示す酸化チタンと比較すると、その値は大幅に小さいことが分かる。例えば、400nmの波長における吸収係数を比較すると、酸化チタンが 2.400 cm^{-1} であるのに対し、酸化ニオブは 1.09 cm^{-1} を示している。

【0059】一方、図3(b)に示すように、酸化ニオブの屈折率は波長が短くなるにつれて単調に増加するが、酸化チタンと比較すると若干小さい値を示している。このように、屈折率は、酸化チタンの方が酸化ニオブよりも大きい値を示しており、例えば、400nmの波長における屈折率を比較すると、酸化チタンが2.95であるのに対し、酸化ニオブは2.52を示している。

【0060】一般に、光吸収に伴うレーザ素子の劣化が問題となるのは、光の吸収係数の値が $10^3\text{ cm}^{-1}\sim 10^4\text{ cm}^{-1}$ 以上の場合である。吸収係数の値が 10^4 cm^{-1} 以下の領域を端面反射膜13の材料として使用可能な波長領域であるとする、酸化チタンの場合は約370nm以下の波長には対応できないのに対し、酸化ニオブの場合は340nm付近まで対応可能であることが分かる。

【0061】なお、図3(b)に示すように、酸化ニオブの屈折率は酸化チタンの屈折率と比べて若干小さい値ではあるが、低屈折率膜13aを構成する酸化シリコン(SiO_2)の屈折率と比べて十分に大きい値であるため、酸化シリコンと酸化ニオブとからなる単位反射膜130を用いることにより、端面反射膜13に十分な反射率を得ることができる。

【0062】図4は第1の実施形態に係る半導体レーザ素子の端面反射膜における波長が400nmの光に対する反射率の膜厚依存性を示している。ここでは、膜厚が $\lambda/4n_1$ により決定される約68nmの酸化シリコンからなる低屈折率膜13aと、膜厚が $\lambda/4n_2$ により決定される約40nmの酸化ニオブからなる高屈折率膜13bとにより構成される単位反射膜130を3組分積層することにより、反射率が約93.9%となる端面反射膜13を得ている。ここで、 λ は400nmであり、 n_1 は酸化シリコンの波長400nmにおける屈折率であり、 n_2 は酸化ニオブの波長400nmにおける屈折率である。

【0063】なお、第1の実施形態においては、酸化ニオブの成膜方法として、マグネトロンスパッタ装置を用いたが、これに限らず、ECRスパッタ装置、高周波スパッタ装置又はヘリコンスパッタ装置等を用いてもよい。

【0064】また、低屈折率膜13aと高屈折率膜13

bとからなる単位反射膜130は、端面側に低屈折率膜13aを設けると、該低屈折率膜13aと接する半導体層との間で屈折率に差が生じて、反射率が大きくなる。しかしながら、反射率は低下するものの、端面側に高屈折率膜13bを設ける構成、又は単位反射膜130の外側の膜を1組の膜の一方のみで終わらせる構成、すなわち端面側と外側との双方に低屈折率膜13a若しくは高屈折率膜13bを設ける構成であっても、本発明の効果を損なうことはない。

【0065】また、低屈折率膜13aには酸化シリコンを用いたが、これに代えて、酸化アルミニウム(Al_2O_3)を用いてもよい。

【0066】また、共振器12における反射端面10bと反対側の出射端面10aにも、保護膜として、低屈折率である酸化シリコン又は酸化アルミニウムを設けてもよい。

【0067】また、発振波長が約400nmの青紫色半導体レーザ素子の半導体材料に窒化ガリウムを主な組成とするIII-V族窒化物半導体を用いたが、これに限られず、セレン化亜鉛(ZnSe)、硫化亜鉛(ZnS)又は酸化亜鉛(ZnO)等のII-VI族化合物半導体を用いてもよい。

【0068】(第2の実施形態)以下、本発明の第2の実施形態について説明する。

【0069】前述の第1の実施形態においては、短波長化に対応できる高反射率膜に酸化ニオブを用いたが、第2の実施形態においては、発振波長が赤外から赤色の長波長の半導体レーザ素子の高出力化に対応できるようにする。

【0070】例えば、規格の16倍の速度で且つ1回の音さ込みが可能な16倍速CD-R用レーザ素子においては、デューティ比が50%のパルス駆動時で150mW、また、CW駆動時で110mWの光出力が要求されており、従来の酸化シリコンからなる低屈折率膜とアモルファスシリコンからなる高屈折率膜とから構成される端面反射膜では十分な信頼性を得ることができない。

【0071】そこで、第2の実施形態においては、端面反射膜に用いる第1の誘電体層と第2の誘電体層とをそれぞれ酸化シリコン(SiO_2)と酸化ニオブ(Nb_2O_5)とにより構成することによって、16倍速CD-R用の赤外又は赤色半導体レーザ素子の長期信頼性を得られるようになる。

【0072】図5は本発明の第2の実施形態に係る半導体レーザ素子であって、発振波長が約780nmの赤外又は赤色半導体レーザ素子を示している。

【0073】図5に示すように、半導体レーザ素子30には、例えば、ヒ化アルミニウムガリウム(AlGaAs)からなる障壁層とヒ化ガリウム(GaAs)からなる井戸層とにより構成される量子井戸活性層31が少なくともn型とp型の各ヒ化アルミニウムガリウム(Al

GaAs) からの光ガイド層に上下方向から挟まれてなる共振器32が形成されている。なお、第2の実施形態においても、活性層を量子井戸構造としたが、必ずしも量子井戸構造を係る必要はない。

【0074】共振器32におけるレーザ光100の出射端面30aと反対側の反射端面30bには、端面反射膜33が設けられている。

【0075】端面反射膜33は、共振器32の端面側から順次形成された、第1の誘電体層としての酸化シリコンからなる低屈折率膜33aと、第2の誘電体層としての酸化ニオブからなる高屈折率膜33bとにより構成される単位反射膜330を複数含むように構成されている。

【0076】低屈折率膜33a及び高屈折率膜33bの膜厚、並びに単位反射膜330の数は、半導体レーザ素子の仕様によってそれぞれ適当な値を設定することができる。例えば、反射端面30b上に、膜厚が膜厚が $\lambda/4n_1$ により決定される酸化シリコンと、膜厚が $\lambda/4n_2$ により決定される酸化ニオブとを2組分形成することにより、端面反射膜33に約85%の反射率を得ることができる。

【0077】第2の実施形態によると、共振器32の反射端面30bに形成された端面反射膜33の高屈折率膜33bに酸化ニオブを用いているため、該酸化ニオブの光の吸収係数はアモルファスシリコンよりも小さいので、共振器33の端面近傍の温度上昇が抑制される。その結果、量子井戸活性層31及びその周辺部の結晶性が劣化しにくくなり、半導体レーザ素子の高出力化が可能となる。

【0078】これは、波長が780nmの光に対するアモルファスシリコンの光の吸収係数の値が $4 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$ であるのに対し、酸化ニオブの光の吸収係数の値は 10^{-2} cm^{-1} 以下とほぼ0であるため、端面反射膜33における光吸収を大きく低減できるからである。

【0079】なお、第2の実施形態の一変形例として、端面反射膜33における2組目の高屈折率膜33bの酸化ニオブに代えて、水素を含むアモルファスシリコンである水素化アモルファスシリコン($\alpha\text{-Si:H}$)を用いてもよい。このようにすると、端面反射膜33の反射率を約90%にすることができる。

【0080】以上のことから、赤外又は赤色半導体レーザ素子の高出力化を図る場合には、2組分の単位反射膜330のすべての高屈折率膜33bに酸化ニオブを用いれば良く、さらには3組以上の単位反射膜330からなる端面反射膜33を設ければ良い。

【0081】また、それ程の高出力が要求されない場合、例えば4倍速CD-R用のレーザ素子の場合、所定の注入電流量で高反射率を得られるように、複数の単位反射膜330の反射端面30b側の1組目を除く外側の高屈折率膜33bに、酸化ニオブよりも屈折率が大き

い誘電体を用いるようにしても良い。

【0082】(第3の実施形態)以下、本発明の第3の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0083】図6は本発明の第3の実施形態に係る光ディスク装置の構成を模式的に表わしている。図6において、第3の実施形態に係る光ディスク装置は、本発明の半導体レーザ素子、すなわち、第1の実施形態に係る青紫色半導体レーザ素子を光ディスク装置の発光部41に用いている。

【0084】図6に示すように、光ディスク装置には、発光部41を構成する半導体レーザ素子の出射端面と、所望のデータが記録された記録媒体である光ディスク50のデータ保持面とが互いに対向するように設けられ、発光部41と光ディスク50との間には、集光光学部40が設けられている。

【0085】集光光学部40は、発光部41側から順に設けられた、該発光部41から出射される出射光51を平行光とするコリメータレンズ42と、平行光を3本のビーム(図示せず)に分割する回折格子43と、出射光51を透過し且つ光ディスク50からの反射光52の光路を変更するハーフプリズム44と、3本のビームを光ディスク50上に集光させる集光レンズ45とを有している。ここでは、発光光51として波長が約400nmのレーザ光を用いている。

【0086】光ディスク50上に集光された3本のビームは径がそれぞれ0.4 μm 程度のスポット形状となる。この3つのスポットの位置によって検出される光ディスク50の半径方向の位置ずれを、集光レンズ45を適当に移動させることにより修正する駆動系回路46が設けられている。

【0087】ハーフプリズム44からの反射光52の光路上には反射光52を絞る受光レンズ47と、焦点の位置ずれを検出するシンドリカルレンズ48と、集光された反射光52を電気信号に変換する光検出部としてのフォトダイオード素子49とが設けられている。

【0088】このように、発光光51を光ディスク50に導く集光光学部40、及び光ディスク50により反射した反射光52を受光するフォトダイオード素子49とを備えた光ディスク装置の発光部41を構成する半導体レーザ素子は、アモルファスシリコンや酸化チタンよりも光の吸収係数が小さい酸化ニオブを出射端面と反対側の端面である端面反射膜の高屈折率膜に用いている。このため、発振波長が約400nm又は400nm以下となる短波長化を図る場合に、発光部41の長期信頼性、ひいては光ディスク装置の長期信頼性を得ることができる。

【0089】また、第3の実施形態の一変形例として、発光部41を構成する半導体レーザ素子に第2の実施形態に係る赤外又は赤色半導体レーザ素子を用いれば、16倍速CD-ROMドライブ装置として長期信頼性を得

13

ることができる。

【0090】

【発明の効果】本発明に係る半導体レーザ素子及びその製造方法によると、反射膜におけるレーザ光の吸収が低減するため、該反射膜の温度上昇が抑制されるので、半導体層における共振器の端面近傍部分の結晶構造の劣化を防止でき、レーザ素子の高出力化又は短波長化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る青紫色半導体レーザ素子を示す斜視図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る青紫色半導体レーザ素子の反射端面の製造方法を示す模式図である。

【図3】(a)及び(b)は本発明の第1の実施形態に係る青紫色半導体レーザ素子の端面反射膜における高屈折率膜の波長依存性を示し、(a)は光の吸収係数を示すグラフであり、(b)は屈折率を示すグラフである。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る青紫色半導体レーザ素子の端面反射膜における波長が400nmの光に対する反射率の膜厚依存性を示すグラフである。

【図5】本発明の第2の実施形態に係る赤外又は赤色半導体レーザ素子を示す斜視図である。

【図6】本発明の第3の実施形態に係る光ディスク装置を示す模式的な構成図である。

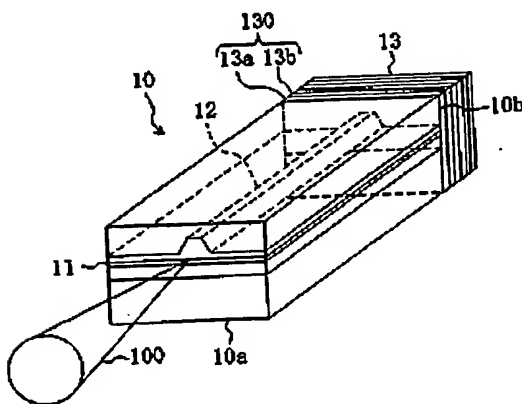
【符号の説明】

- 10 半導体レーザ素子
- 10a 出射端面
- 10b 反射端面
- 10A レーザ素子形成体
- 11 量子井戸活性層
- 12 共振器
- 13 端面反射膜
- 13a 低屈折率膜(第1の誘電体層)

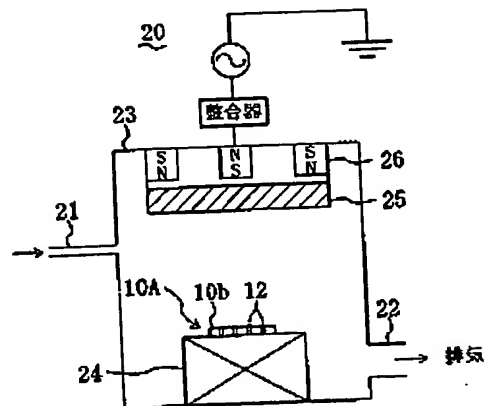
- * 13b 高屈折率膜(第2の誘電体層)
- 130 単位反射膜
- 20 マグネトロンスパッタリング装置
- 21 ガス導入口
- 22 排気口
- 23 成膜室
- 24 陽極
- 25 ターゲット材
- 26 平板型マグネトロン電極
- 30 半導体レーザ素子
- 30a 出射端面
- 30b 反射端面
- 31 量子井戸活性層
- 32 共振器
- 33 端面反射膜
- 33a 低屈折率膜(第1の誘電体層)
- 33b 高屈折率膜(第2の誘電体層)
- 330 単位反射膜
- 100 レーザ光
- 20 40 集光光学部
- 41 発光部
- 42 コリメータレンズ
- 43 回折格子
- 44 ハーフプリズム
- 45 集光レンズ
- 46 駆動系回路
- 47 受光レンズ
- 48 シリンダリカルレンズ
- 49 フォトダイオード素子(光検出部)
- 30 50 光ディスク
- 51 発光光
- 52 反射光

*

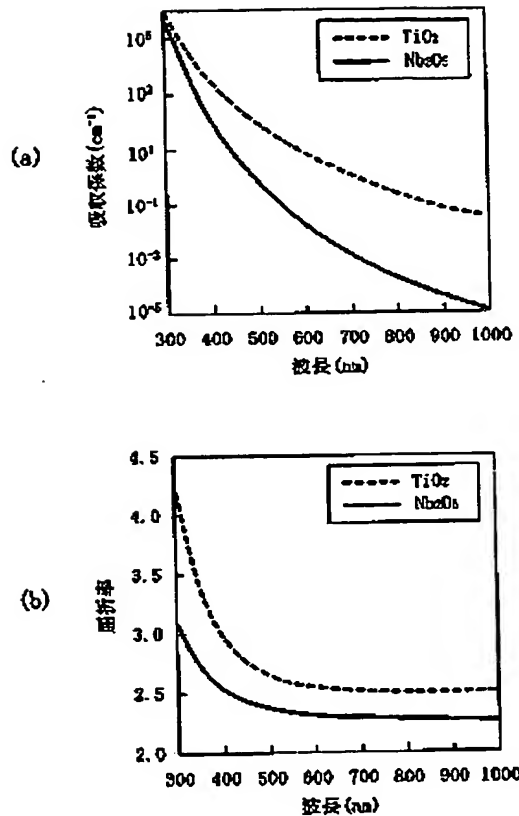
【図1】



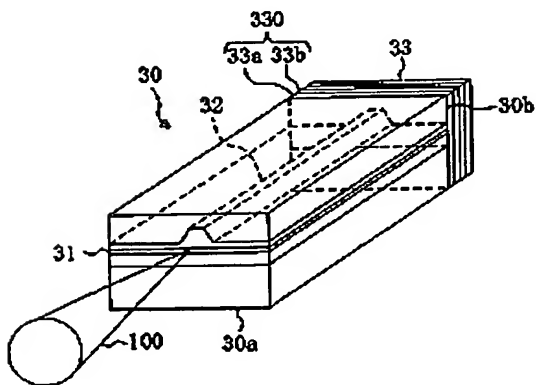
【図2】



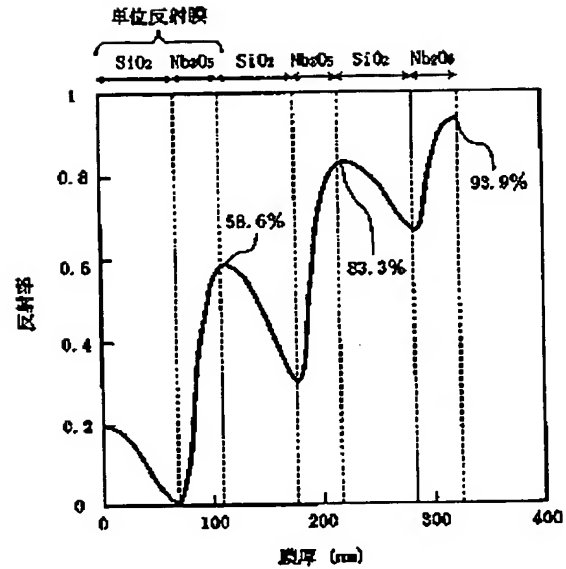
【図3】



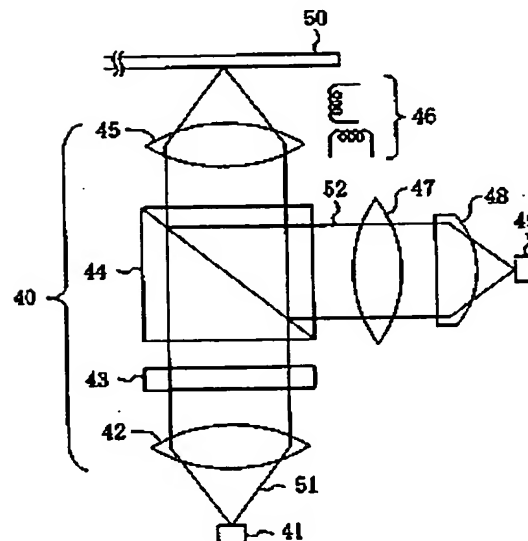
【図5】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 宮永 良子
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 鈴木 政勝
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 糸 雅博
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 伴 雄三郎
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 平山 福一
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

Fターム(参考) 5D119 AA33 BA01 BB02 FA05 FA20
5F073 AA73 AA83 AB27 BA05 CA04
CA05 DA21 DA32 DA33 EA05
EA24 EA28